

Etats de surface pour la spatialisation

Intervenants : Zeineb Kassouk, INAT, Zohra Lili-Chabaane, Univ. Carthage/INAT, Vincent Simonneaux, Hassen Ayari et Bernard Mougnot, IRD/CESBIO, Nesrine Chehata, IPB/LISAH.

Etats de surface : sols et végétation

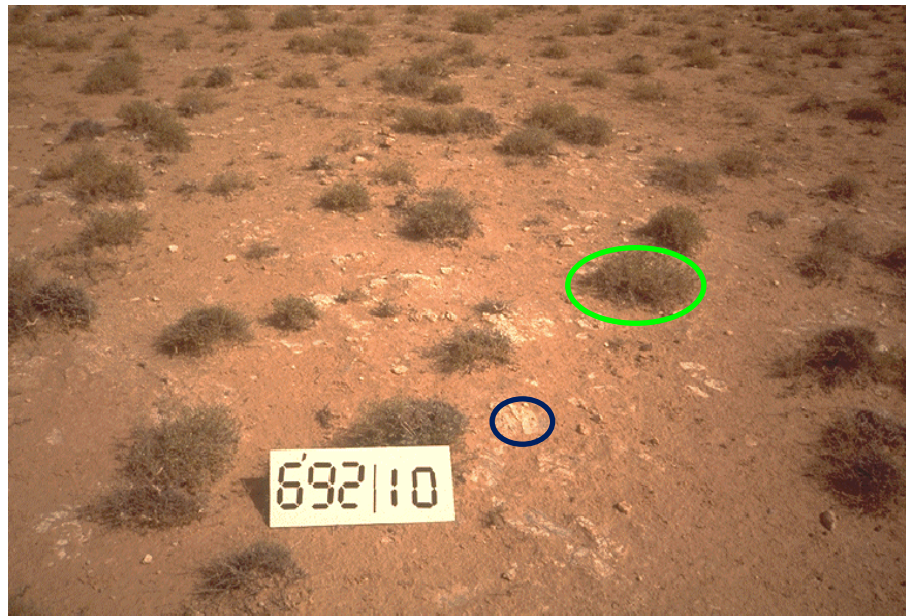
Bernard Mougenot, IRD/CESBIO Toulouse
en accueil à l'INAT

Etats de surface : sols et végétation

- **Introduction**
- Quelques aspects physiques
- Les mesures
- Conclusions

Etats de surface : sols et végétation

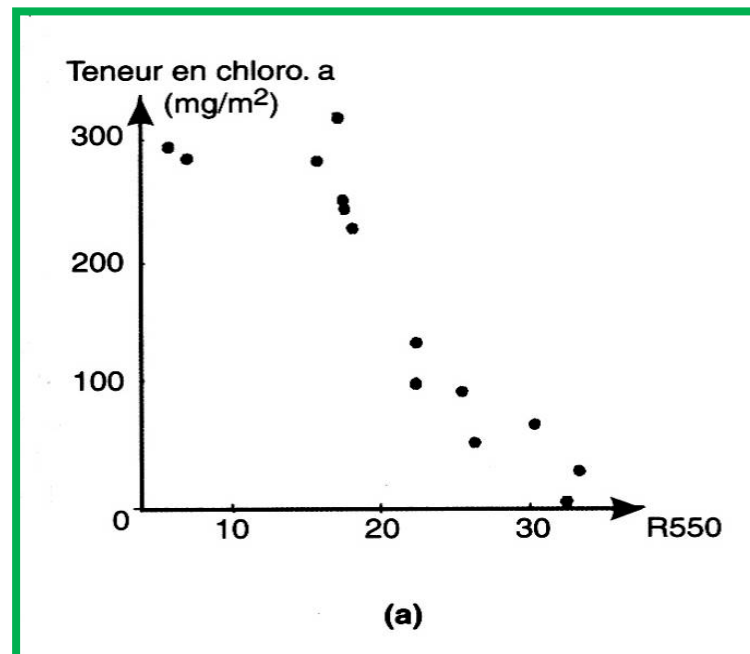
On appelle "**états de surface**", l'arrangement des surfaces élémentaires qui compose une surface de référence. En télédétection continentale, on assimile les surfaces élémentaires aux surface de sol et de végétation homogènes de taille décimétrique à décamétrique.



(Escadafal R.)

Etats de surface : sols et végétation

On cherche également à établir des relations quantitatives entre des caractéristiques des éléments qui composent ces **surfaces élémentaires** et la réflectance des images de télédétection .



Etats de surface : sols et végétation

Un des objectifs en télédétection est de spatialiser les caractéristiques des états de surface - des éléments en mélange qui les compose, selon les besoins des utilisateurs.

Ces relations ont des limites fortes. Elles sont génériques pour une caractéristique particulière comme par exemple la chlorophylle ou l'humidité, mais à valeur locale pour séparer le blé et l'orge en multitemporel.



Etats de surface : sols et végétation

- Introduction
- **Quelques aspects physiques**
- Les mesures
- Conclusions

Etats de surface : sols et végétation

Les éléments de la surface qui modifient le rayonnement solaire incident renvoyé vers le capteur du satellite sont peu nombreux :

- **Sol** : éléments minéraux, matière organique diffuse ou résidus et eau de constitution

- **Végétation** : chlorophylle et pigments, cellules et eau (phénomènes de réflexion – transmission) + géométrie

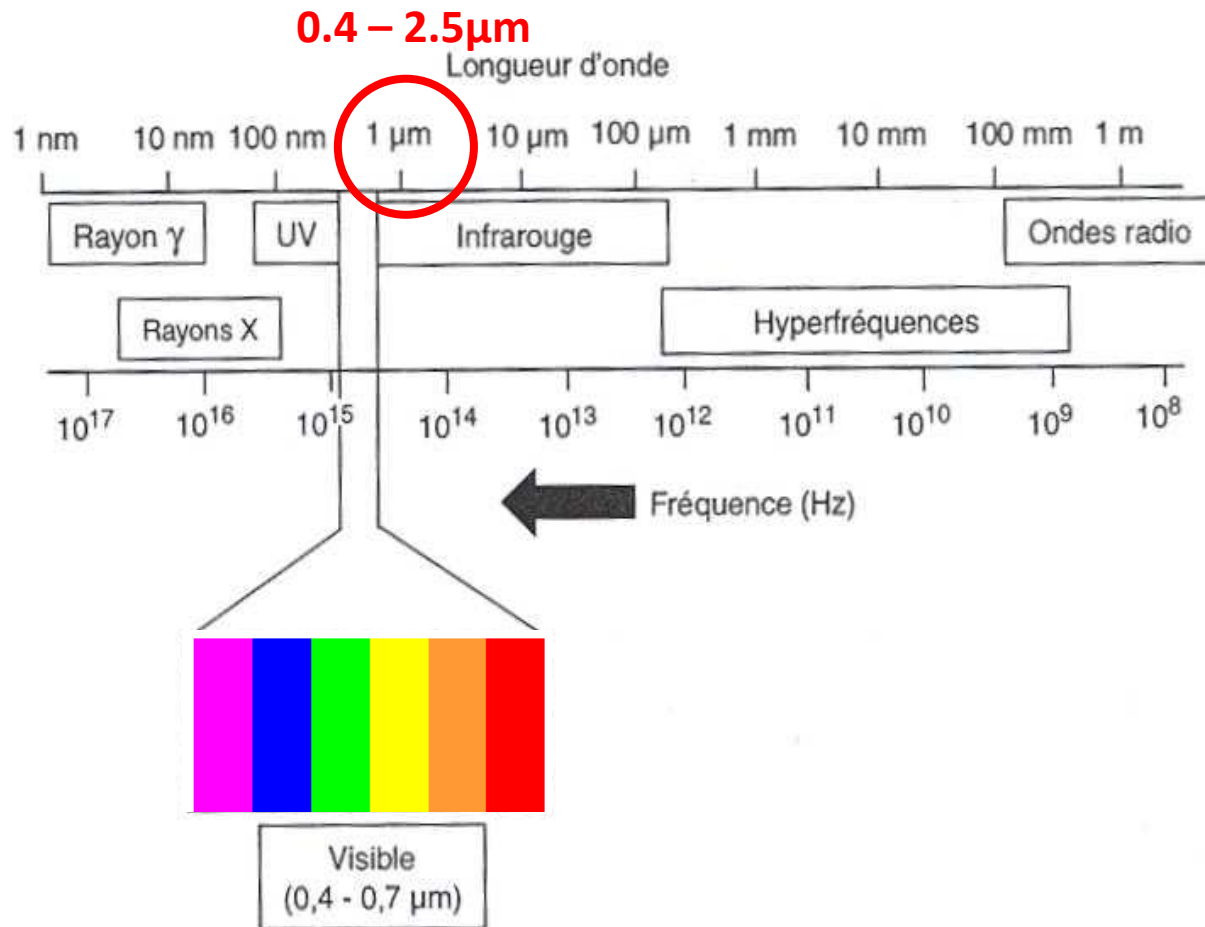
- **Eau et neige**

+ effets "temporaires"

- ✓ effets de la **rugosité** selon la hauteur des éléments de surface et de l'éclairement solaire (ombres)

- ✓ effets de l'**humidité** (eau plus ou moins liée)

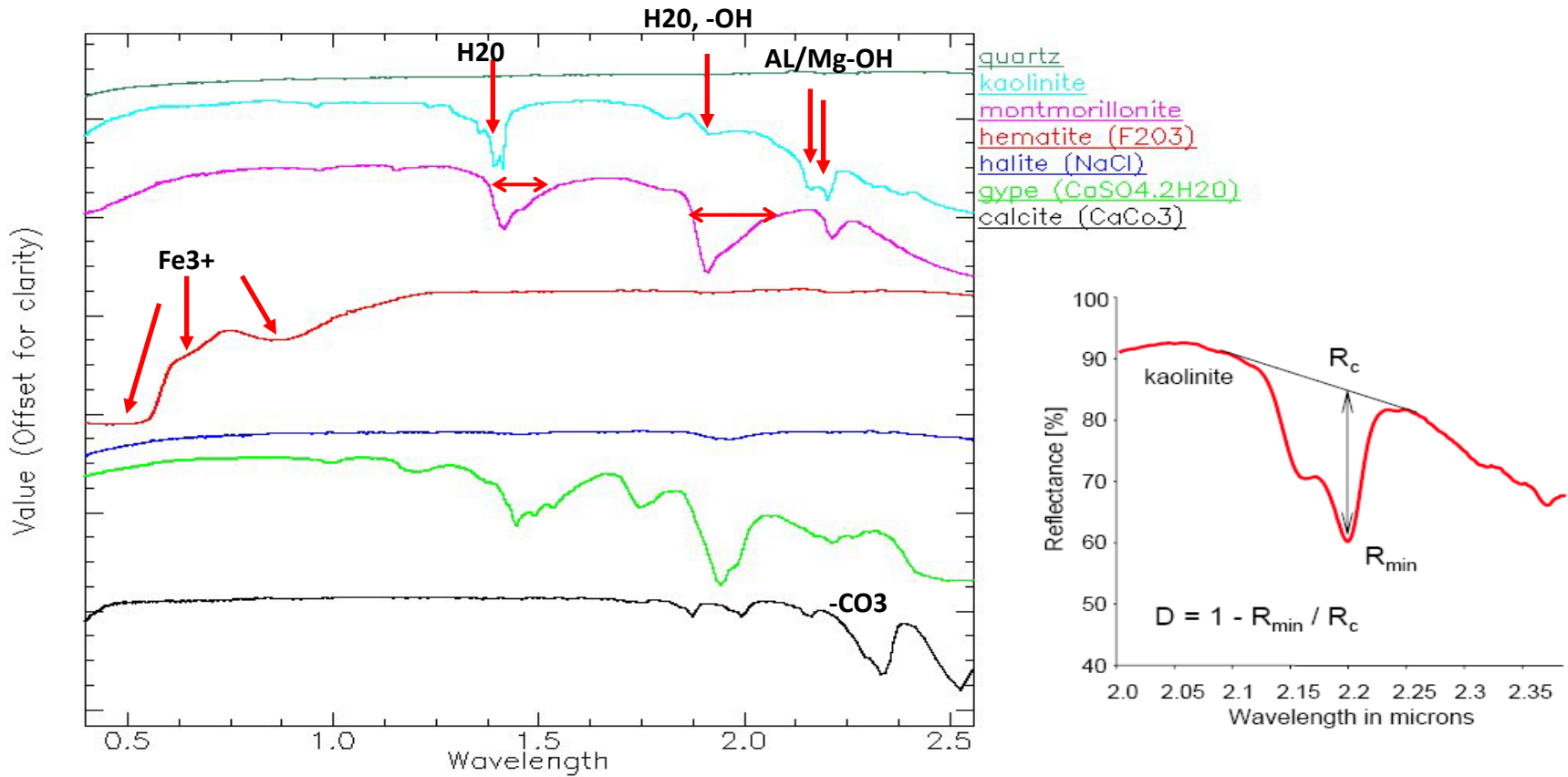
Le spectre électromagnétique



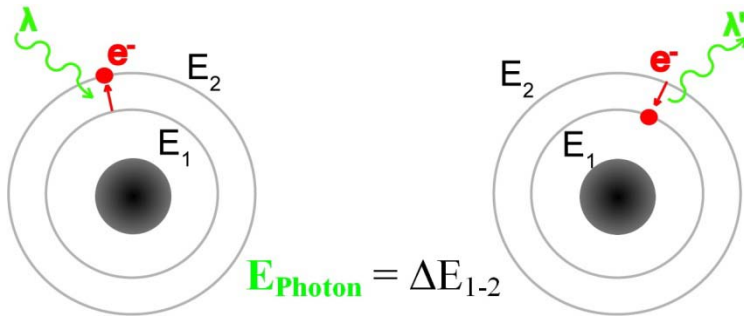


Dans le domaine **Visible** à **Moyen Infra Rouge** ($0.4\mu\text{m} - 3\mu\text{m}$ = « solaire »), le rayonnement ne pénètre pas, le comportement spectral dépend des caractéristiques de la surface.

Propriétés spectrales de quelques minéraux et sels observés dans les sols et bandes d'absorptions spécifiques



Les bandes d'absorption proviennent de 2 processus, au niveau atomique et moléculaire

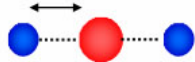


Transitions électroniques

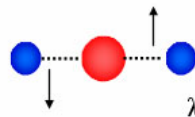
transition électronique



transition vibrationnelle



transition rotationnelle

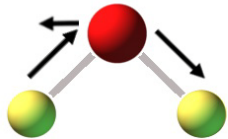


Ultra-violet

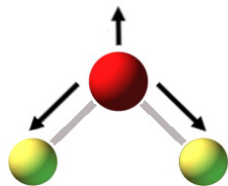
Infra-rouge

Micro-ondes

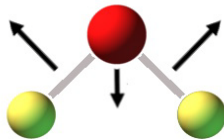
Elongation
asymétrique



Elongation
symétrique



Flexion



Modes de vibrations
fondamentales,
exemple de la molécule d'eau

Propriétés spectrales des minéraux : principales bandes d'absorption

Eléments	Principales bandes d'absorption	Constituants minéraux
H₂O	Bandes à 1450 et 1900 nm (eau adsorbée ou de constitution)	- Argiles de type montmorillonite, minéraux hydratés...
-Fe³⁺ - Fe²⁺	Dans l'UV, effets jusqu'à 600 nm (transfert de charge et autour de 870 nm (champ cristallin))	- oxy-hydroxydes (hématite-goethite), sulfates, + inclusions et revêtements
-OH	Bandes à 1400 et 2200 nm (et 2300nm)	- Argiles de type kaolinite, minéraux d'altération, sulfates
-SO₄²⁻	Très faibles absorptions harmoniques (initiale à 9µm)	
-CO₃²⁻	Séries de bandes à partir de 1600 nm (2.35 et 2.55 µm et trois plus fines à 1.90, 2.00 et 2.16 µm).	- Carbonates (calcite, dolomie)
-CL	Pas d'absorption	- Chlorures
-Fe,AL-OH	Pas de bandes dans le fer, bande à 1775nm avec Al	- minéraux d'altération, Gibbsite, Sulfates hydroxylés et hydratés,

Effets de la matière organique

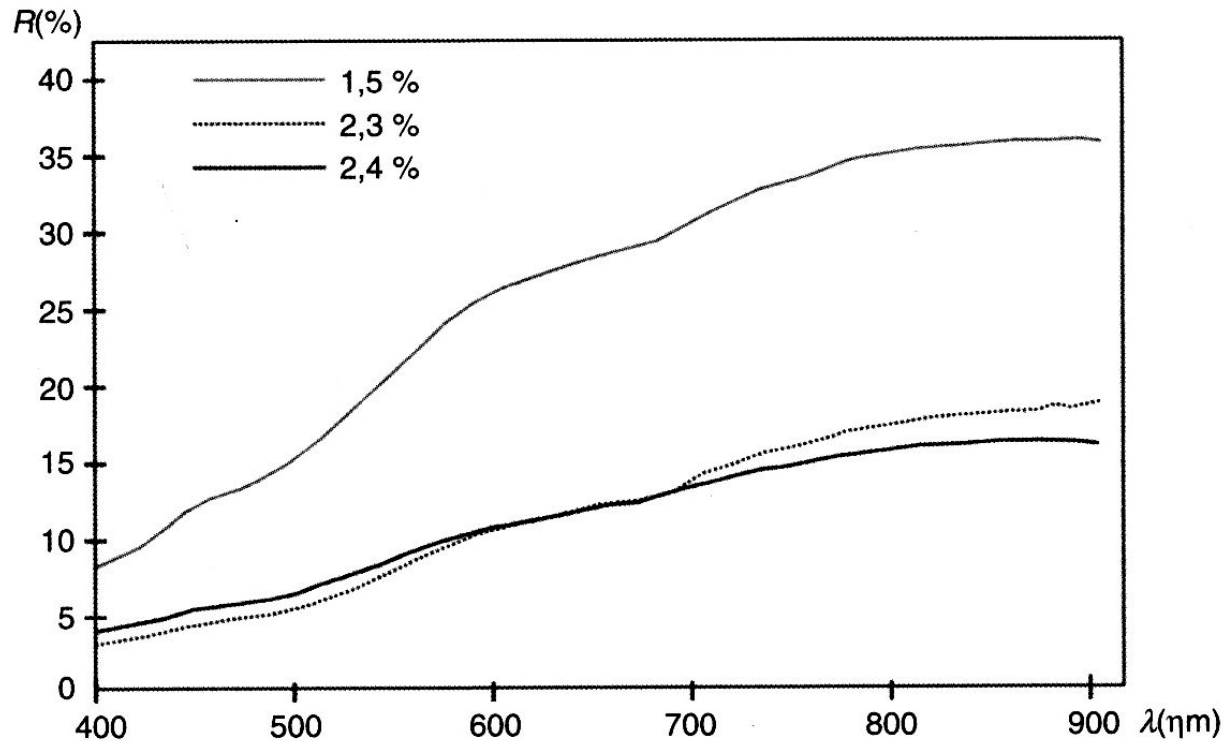
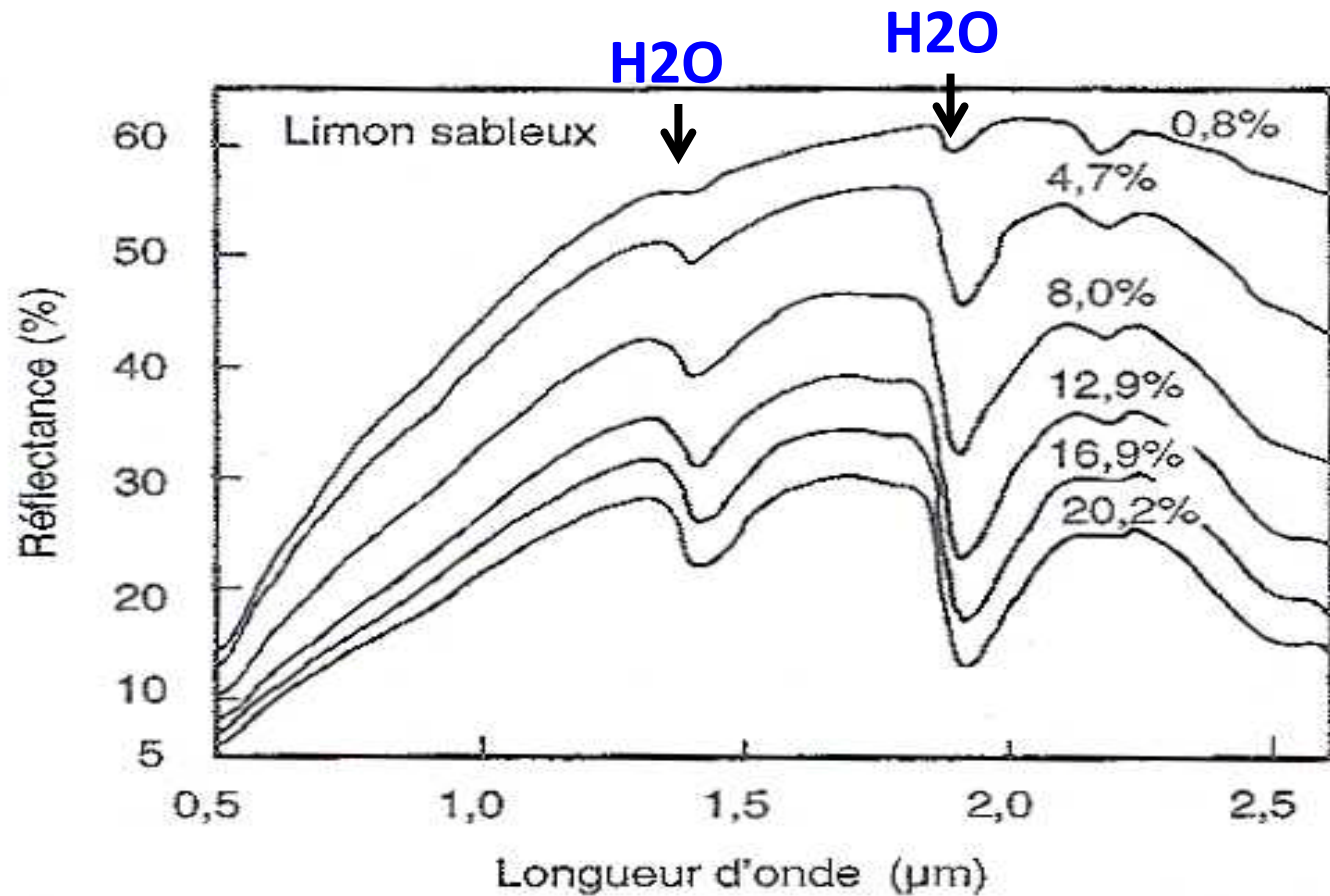


Figure 23.10 – Courbes de réflectance (terrain) de sols cultivés de la Beauce (horizon superficiel limoneux et non ou peu carbonaté), différant par leur teneur en matière organique (d'après Berthier *et al.*, 2008)

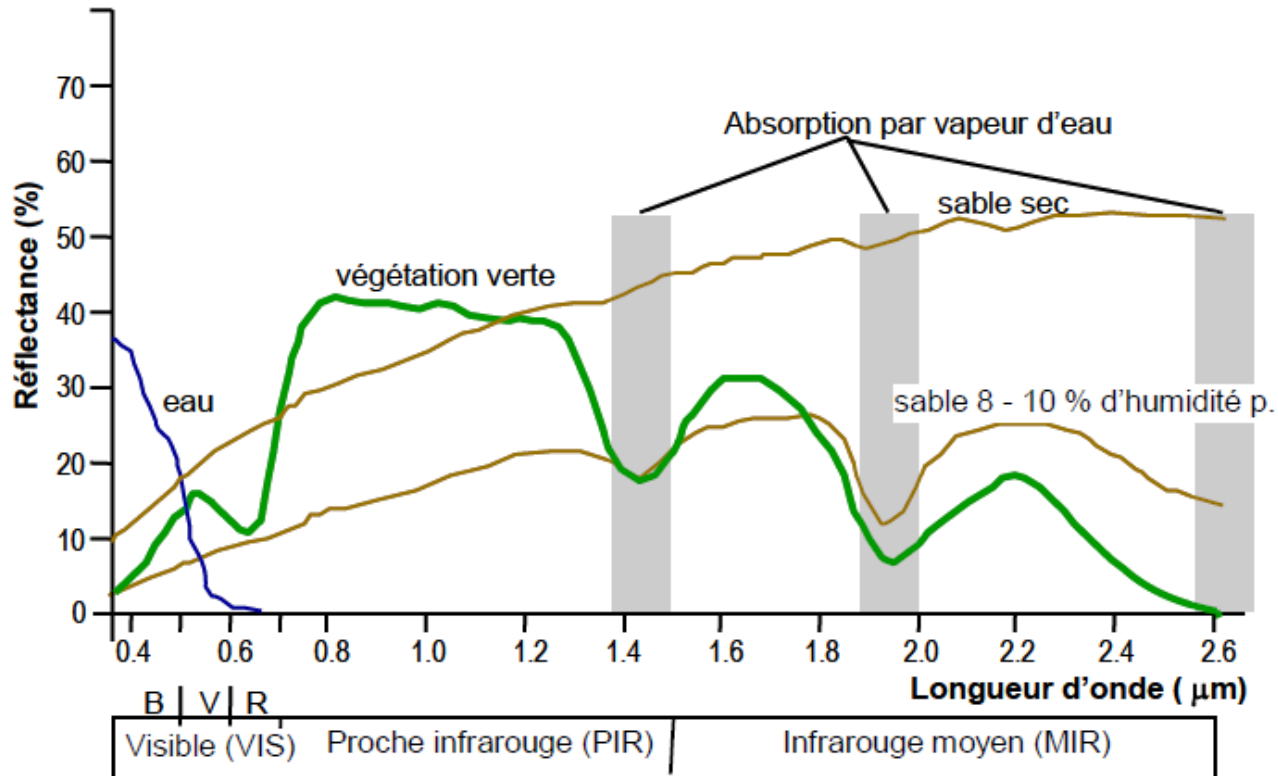
la matière organique entraîne un assombrissement (cf. rugosité)

Effet de l'humidité



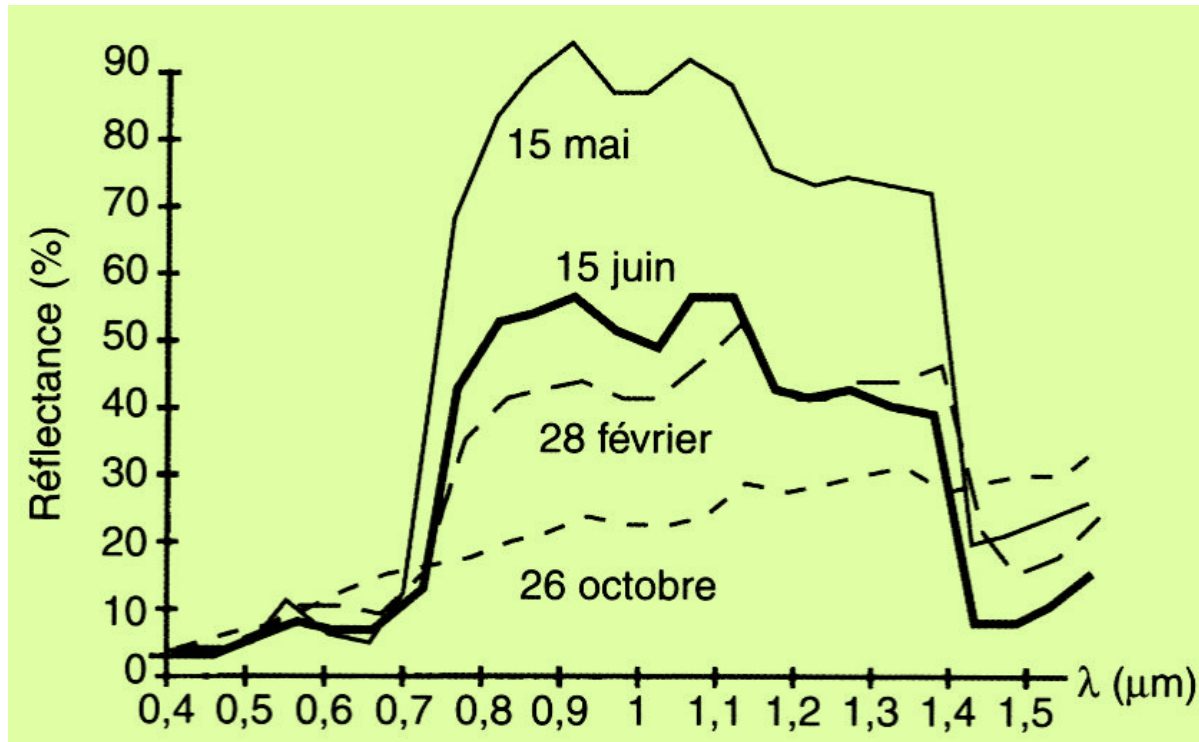
Réfectance d'un sable et d'un limon sableux en fonction de l'humidité

Etats de surface : végétation

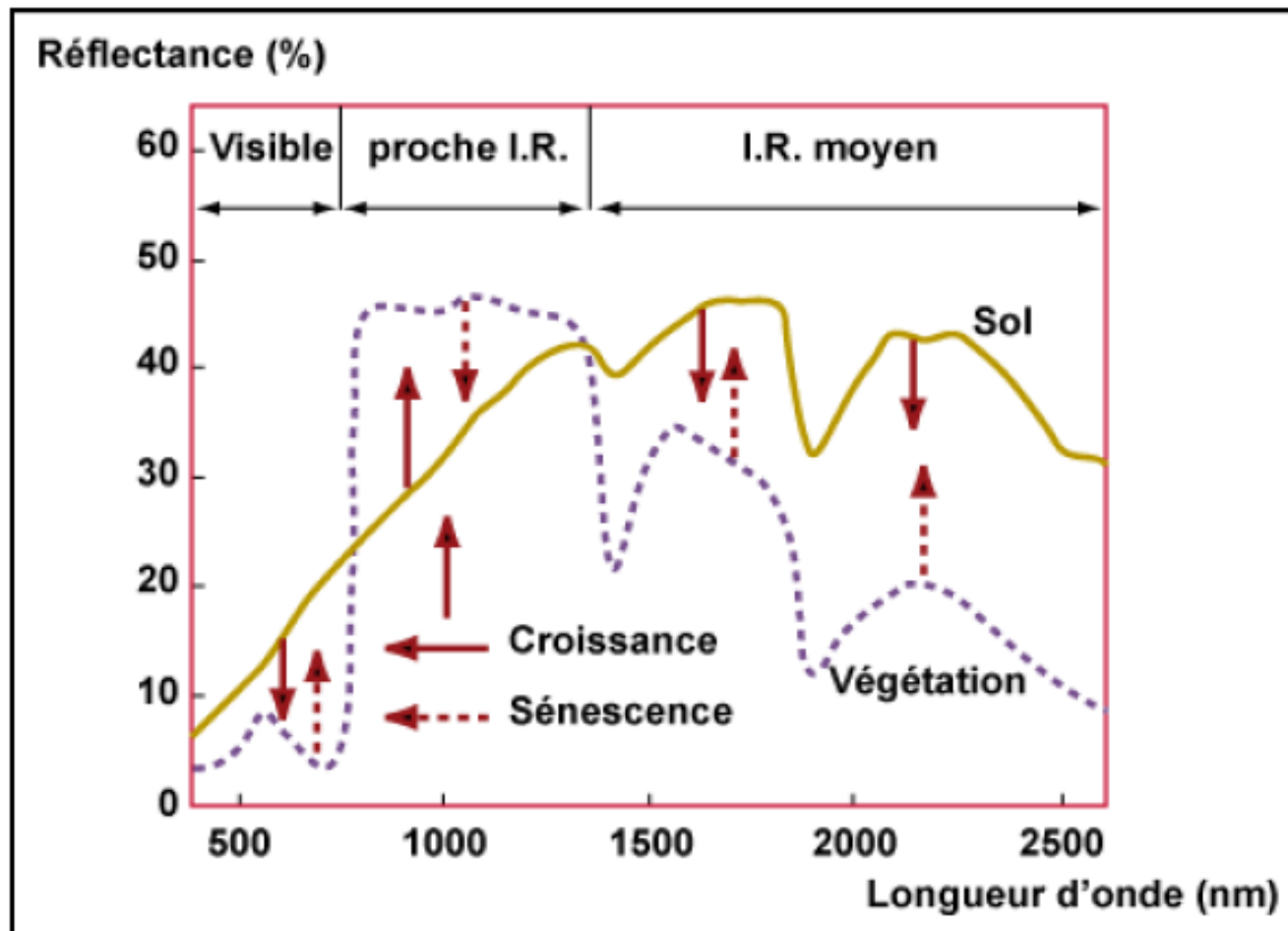


La réflectance des feuilles est fonction de trois facteurs:
(1) la pigmentation, (2) la structure cellulaire et (3) son contenu en eau.

Croissance de la végétation => le spectre du sol est progressivement mélangé avec celui de la végétation verte



Croissance / sénescence de la végétation spectre végétation \Leftrightarrow spectre sol nu



Évolution de la réflectance d'un couvert végétal

Etats de surface : sols et végétation

- Introduction
- Quelques aspects physiques
- **Les mesures**
- Conclusions

Etats de surface : sols

Mesures pour la caractérisation de la surface des sols

- ✓ Couleur : charte Munsell, colorimètre, spectro
- ✓ Humidité estimée ou mesurée (gravimétrie ou sondes)
- ✓ Rugosité de surface (croutes, taille des mottes...)
- ✓ Éléments grossiers (taille, forme) et composition (calcaire ou non)
- ✓ Estimation de la matière organique

Changements de rugosité après labour



Mesures ponctuelles du contenu en eau dans le sol



Etats de surface : sols

Mesures pour la caractérisation de la surface des sols

Pour aller plus loin... prélèvements pour analyses : texture, minéralogie (argiles, carbonates, gypse...), formes du fer

Le travail régulier du sol entraîne une homogénéisation de l'horizon de surface, la surface reflète l'horizon agronomique.

Si le sol n'est pas cultivé (parcours ou jachère longue), attention à la présence de croute, apports sableux...



Etats de surface : végétation

Mesures pour la caractérisation de la végétation

- ✓ Stades phénologiques (toutes les 2 à 3 semaines)
- ✓ Hauteur du couvert
- ✓ Indice foliaire (LAI= $\frac{1}{2}$ surface feuilles / surface projetée au sol),
- ✓ Recouvrement,
- ✓ Biomasse,
- ✓ Teneur en eau.

Visée verticale



visée oblique



Etats de surface : végétation

Mesures pour la caractérisation de la végétation

Indice foliaire ($LAI = \frac{1}{2} \text{ surface feuilles} / \text{ surface projetée au sol}$)

Photos hémisphériques => LAI (distribution homogène de la fraction de trou et de l'orientation des feuilles), fraction cover



Échantillonnage (15 photos au hasard /site)



Autres méthodes basés sur l'interception (Li-Cor LAI-2000), planimétrie, relations allométriques.

Etats de surface : sols et végétation

Radiométrie : indice de végétation NDVI=>comparaison aux bandes spectrales satellites

(Normalized Difference Vegetation Index $= (PIR-R)/(PIR+R)$)



NDVI-mètre (SKYE):
mesures en continu
=> calibration des
mesures satellites

piments



céréales

Etats de surface : sols et végétation

Spectro radiométrie : simulation de bandes satellites multi et hyperspectrales

Spectroradiomètre ASD 400- 2400nm (full range)

Luminance de surface et rayonnement incident acquis successivement (varient avec l'élévation solaire)



Etats de surface : sols et végétation

Radiométrie : simulation bandes satellites multipectrales

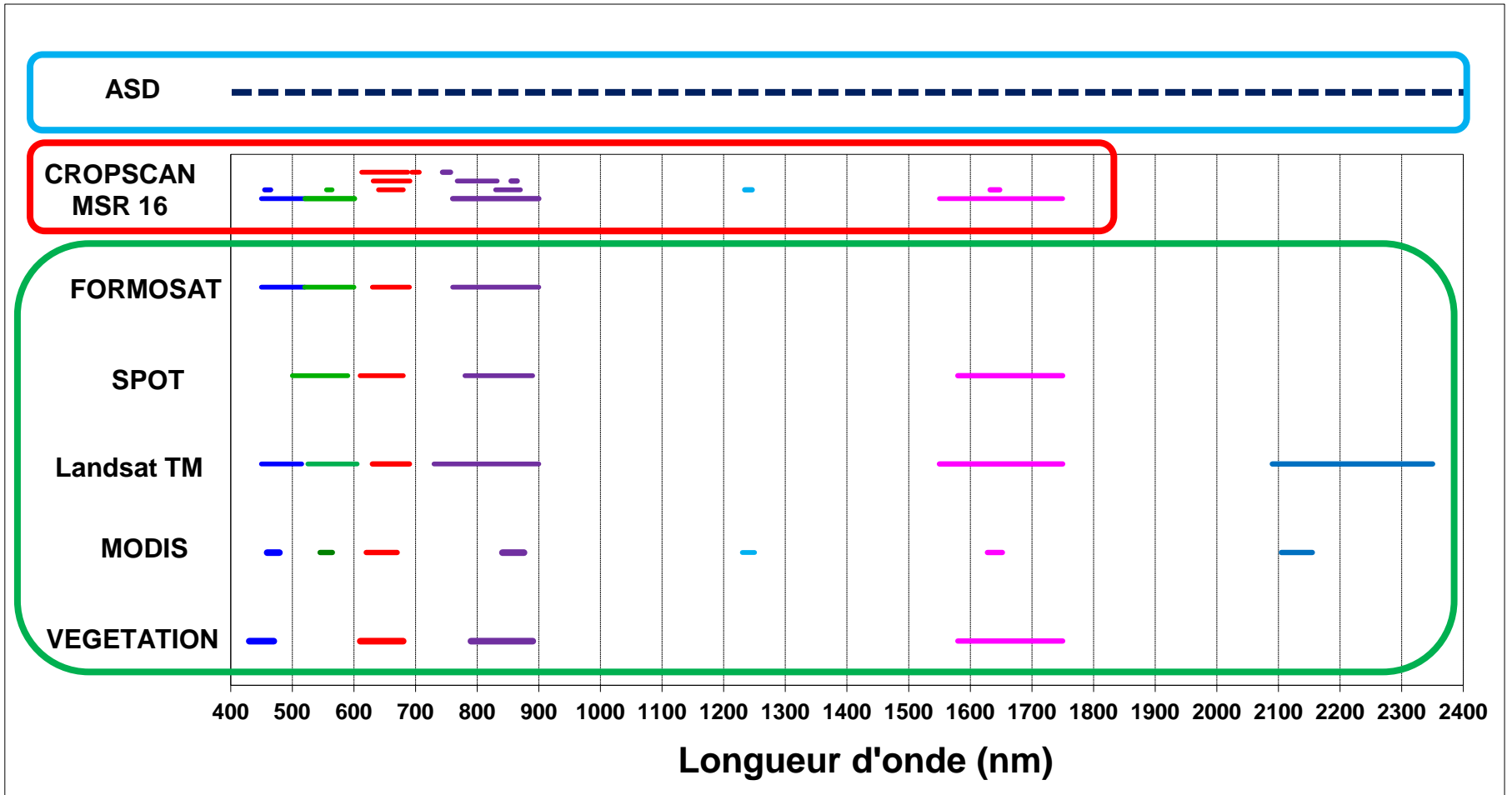


Radiomètre CROPSAN MSR16,
réflectance = réfléchi / incident acquis
simultanément

Mesures indépendantes des
variations de rayonnement solaire

Etats de surface : sols et végétation

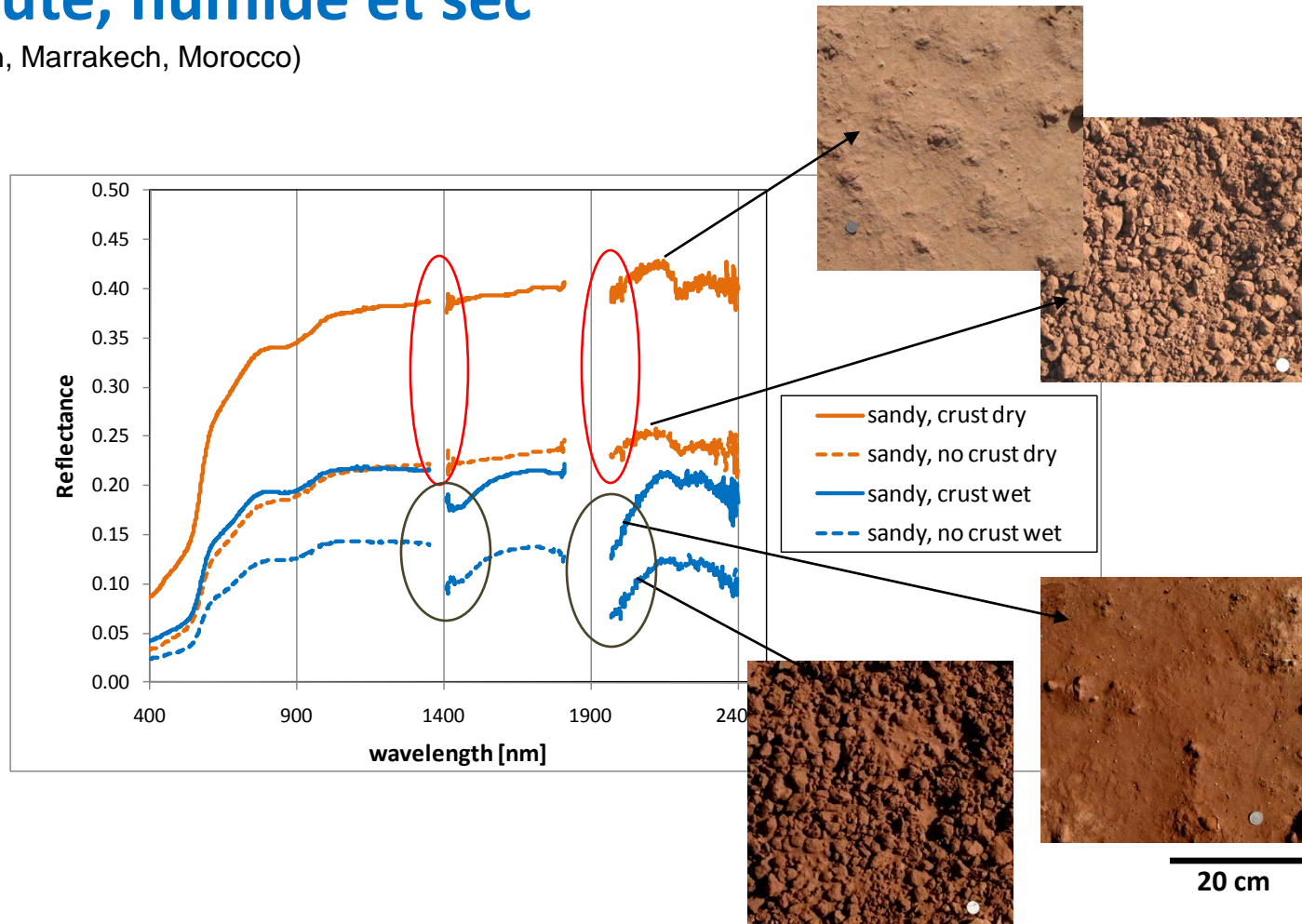
Simulation de bandes spectrales



Etats de surface : sols et végétation

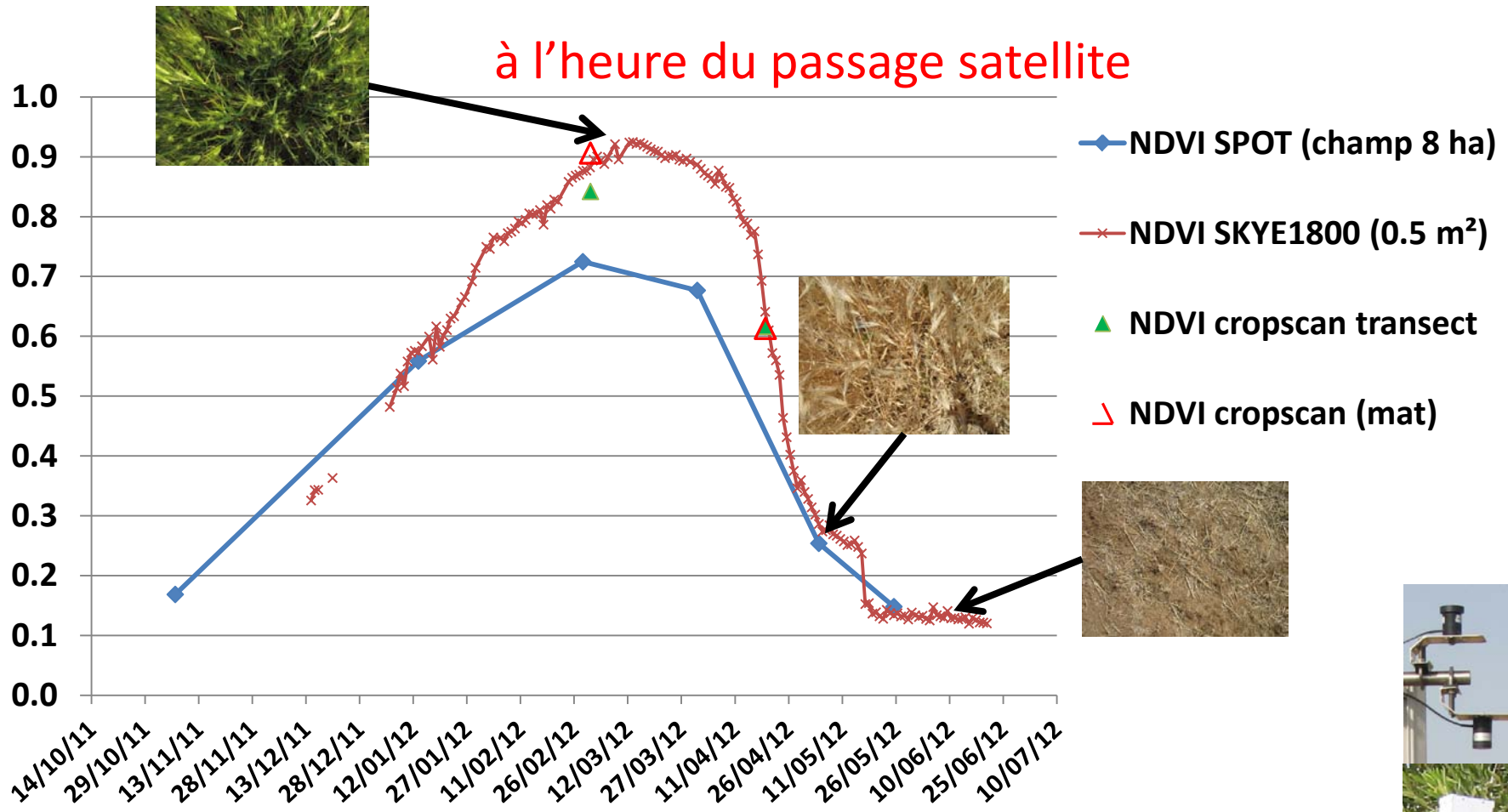
Réflectance spectrale d'un sol sableux encroûté et non encroûté, humide et sec

(Haouz plain, Marrakech, Morocco)



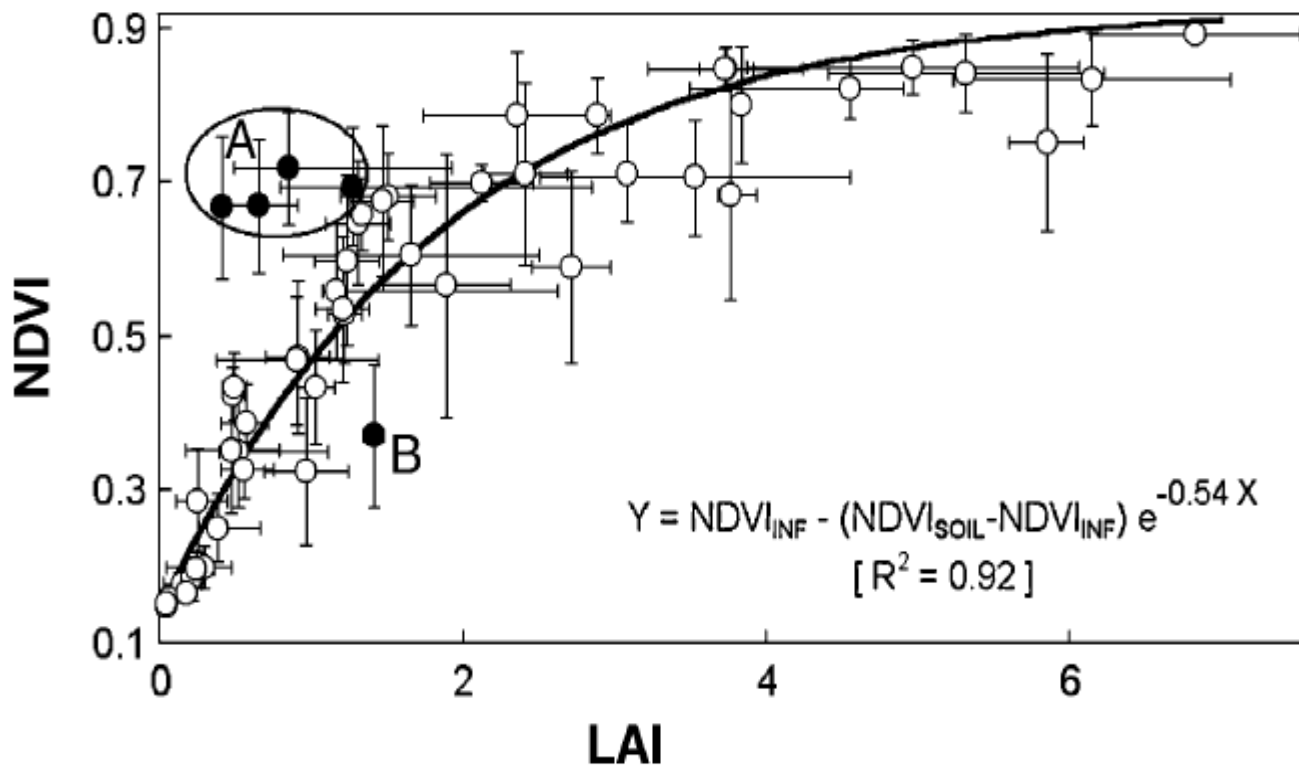
Etats de surface : sols et végétation

Comparaisons NDVI satellite, NDVI terrain mesures en continu (0.5m²) et discontinue (tranchet champ)



Etats de surface : sols et végétation

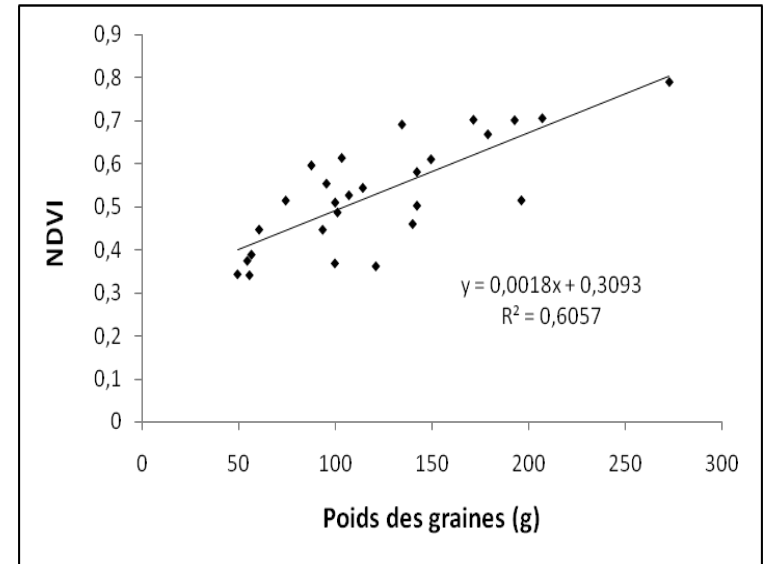
Exemple de relation LAI (estimation par allométrie) - NDVI terrain (CROPSCAN)



Rendements

Échantillonnage, rendement parcelle, enquête

- ✓ Coupe de 10 échantillons sur les diagonales des parcelles : nombre d'épis, poids des pailles des graines.
- ✓ Enquêtes sur le rendement en pailles et en grains, et les pertes.



Conclusions

- Les données de satellites dans le domaine solaire permettent d'accéder à des caractéristiques physiques des surfaces (corrections atmosphériques préalables),
- Ces caractéristiques nécessitent d'être validées en préalable à leur utilisation directe pour les opérateurs ou pour la modélisation (validité locale, dispositif allégé par la suite).
- Les dispositifs d'échantillonnage et la variabilité spatiale n'ont pas été abordés ici, ils doivent être adaptés à l'hétérogénéité au niveau du champ (méthodes standards, voir biblio).

